

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Attorney Docket No. 1081.1120

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Koichi SHIMIZU

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: May 23, 2001

Examiner:

For: MULTI-PHYSICS ANALYSIS METHOD, METHOD FOR SETTING ANALYSIS  
CONDITIONS THEREFOR, AND STORAGE MEDIUM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s) herewith  
a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-377072

Filed: December 12, 2000

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing  
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the  
requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

By:

James D. Halsey, Jr.  
Registration No. 22,729

Date: 5/23/01

700 11th Street, N.W., Ste. 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500

©2001 Staas & Halsey LLP



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2000年12月12日

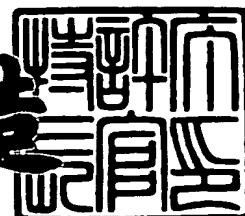
出 願 番 号  
Application Number: 特願2000-377072

出 願 人  
Applicant(s): 富士通株式会社

2001年 2月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3010192

【書類名】 特許願

【整理番号】 0051852

【提出日】 平成12年12月12日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G06F 17/50

【発明の名称】 連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 清水 香壺

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100094514

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 林 恒▲徳▼

【代理人】

    【識別番号】 100094525

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 030708

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 0 - 3 7 7 0 7 2

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】対象モデルを複数の物理モデルでシュミレーションする連成解析方法において、

前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、  
前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、

前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、

前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップと、

前記設定された物理モデル及び解析条件で、前記対象モデルを解析するステップとを有することを

特徴とする連成解析方法。

【請求項 2】前記要素グループの設定ステップは、

前記境界の解析条件設定画面と同一の画面に表示された要素グループの解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることを

特徴とする請求項 1 の連成解析方法。

【請求項 3】前記解析条件設定画面と同一の画面に、前記対象モデルの形状を表示するステップを更に有することを

特徴とする請求項 1 の連成解析方法。

【請求項 4】対象モデルを複数の物理モデルでシュミレーションする連成解析における解析条件設定方法において、

前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、  
前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、

前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、

前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップとを有することを

特徴とする連成解析の解析条件設定方法。

【請求項 5】対象モデルを複数の物理モデルでシュミレーションする連成解析における解析条件設定プログラムを記憶する記憶媒体において、

前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するためのプログラムと、

前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するためのプログラムと、

前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するプログラムと、

前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するプログラムとを記憶したことを

特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数種類の物理シュミレーションモデルを用いて、対象モデルを解析する連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体に関し、特に、対象モデルの解析条件を設定するための連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、設計モデルの検証のため、コンピュータにより、設計モデルの物理的動作をシュミレーションすることが盛んに行われている。例えば、熱伝導解析、流体解析、構造解析、電磁場解析、電磁波解析等である。近年、解析対象モデルの複雑化に伴い、対象モデルに複数種類のシュミレーションを適用する場合が増加している。これを連成解析という。

【0003】

図25は、従来の解析方法の説明図、図26は、従来の解析条件設定手順の説明図、図27(A)及び図27(B)は、対象モデル例の説明図である。図25に示すように、CADシステムでモデルのデータを作成する。例えば、図27(A)のモデルである。

【0004】

解析システムは、このデータを読み込む(一般的にデータは非構造形式のものである)。解析の前に、物理シミュレーションモデル(物理モデルという)の選択を行い、続いて対象モデルの各要素グループの解析条件の設定と、要素グループの境界の解析条件の設定を行う。このように、解析条件が設定された後、解析計算を行う。

【0005】

図27(A)のモデル例で具体的に説明する。図27(A)は、熱一流体解析用のモデルの概念図である。モデルの要素の集合であるグループ1が筐体内の流体の領域、グループ2が発熱体、そしてグループ3が断熱体である。図の左側の流入境界から空気が流入して、右側の流出境界から空気が流出する。

【0006】

このモデルに対して要素(メッシュ)分割したのが、図27(B)である。要素グループは要素の集合であり、境界は連続した要素境界の集合である。境界は、複数の要素グループに渡っていてもよく、また、必ずしも要素グループの境界に存在するものでもない。図27(B)において、境界2、4は流体の壁、境界5は、断熱体の壁、境界1は流入、境界3は流出の境界、境界6は、断熱体と流体の境界、境界7は、発熱体と流体の境界である。

【0007】

この要素グループと境界に対し、解析条件の設定を行う。解析条件は、解析種類と、解析の性質(熱伝導率等)である。図27(B)の場合には、グループ1は、熱伝導と流体の性質があるので、物理モデルには熱伝導と流体を設定する。グループ2は、固体の発熱体であるので、物理モデルには熱伝導のみを設定する。グループ3は、断熱体であるので、何も設定しなくてよい。更に、各グループに熱伝導率等のグループの性質を設定する。同様に、図27(B)に示す各境界



に対し、物理モデルと、境界の性質を設定する。

【 0 0 0 8 】

この設定のため、従来は、図 2 6 に示すように、グループと境界の名前を異なる 1 次元リストに表示し、各グループや境界を選択して、グループ、境界別々に、条件設定を行っていた。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、物理モデルが 2 つ以上になると、要素グループに複数の物理変数を設定する必要があるため、1 次元的リストを使用した場合、設定作業が煩雑となる。又、境界条件の設定の際には、どの境界がどの物理モデルに対応しているかを、要素グループへの設定状況を考慮しながら、境界条件の設定を行う必要があり、作業は更に複雑化する。

【 0 0 1 0 】

近年、対象モデルが複雑化しており、多数の物理モデルを使用する解析が増加しており、多数のグループ、境界の条件設定、多数の物理モデルの設定が必要となり、条件設定作業が複雑で困難となるという問題が生じていた。又、グループと境界との設定状況の把握も容易でなく、一層、条件設定作業を複雑化するという問題があった。

【 0 0 1 1 】

例えば、本来同じ物理モデルを共有するグループと境界の関連が明らかではないため、1 つのグループ（例えば、「solid2」）に、静電場の物理モデルを用いて解析条件を設定したのに、他のグループ（例えば、「solid1」）に属する境界に、同じ静電場の境界条件を与えてしまうことがある。

【 0 0 1 2 】

従って、本発明の目的は、複数の物理モデルを用いる連成解析システムにおいて、対象モデルのグループと境界との条件設定を容易に行うための連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体を提供するにある。

【 0 0 1 3 】

又、本発明の他の目的は、対象モデルのグループと境界との物理モデルの共通

性を利用して、グループと境界との条件設定を容易にするための連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体を提供するにある。

【 0 0 1 4 】

更に、本発明の他の目的は、条件設定と対象モデルとを画面でリンクして、条件設定を容易にするための連成解析方法、その解析条件設定方法及び記憶媒体を提供するにある。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

この目的の達成のため、本発明の連成解析方法は、対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップと、前記設定された物理モデル及び解析条件で、前記対象モデルを解析するステップとを有する。

【 0 0 1 6 】

本発明の連成解析における解析条件設定方法は、前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップとを有する。

【 0 0 1 7 】

本発明の連成解析における解析条件設定プログラムを記憶する記憶媒体は、前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するためのプログラムと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するためのプログラムと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するプログラムと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するプログラムとを記憶

する。

#### 【 0 0 1 8 】

本発明は、あるグループとそのグループの境界は共通の物理モデルの性質を有するという原理を用いて、グループと境界の相関を境界条件設定画面に反映するようにした。このため、グループの物理モデルを設定すると、自動的にそのグループに対応する境界を検索し、境界条件設定画面にその境界の解析条件を設定するようにした。これにより、連成解析の解析条件設定において、対象モデルの要素グループと境界の対応付けが自動的に行われ、解析条件の設定が容易且つ正確に実行できる。

#### 【 0 0 1 9 】

本発明の連成解析方法では、好ましくは、前記要素グループの設定ステップは、前記境界の解析条件設定画面と同一の画面に表示された要素グループの解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることにより、同一画面で対応関係が表示され、より判り易く、正確に解析条件を設定できる。

#### 【 0 0 2 0 】

本発明の連成解析方法では、好ましくは、前記解析条件設定画面と同一の画面に、前記対象モデルの形状を表示するステップを更に有することにより、対象モデル形状を参照しながら、グループ、境界の解析条件を設定できる。

#### 【 0 0 2 1 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、連成解析システム、解析条件設定方法、他の実施の形態の順で、図面に基づいて説明する。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 〔連成解析システム〕

図 1 は、本発明の一実施の形態の連成解析システムの構成図、図 2 は、図 1 の設定画面の説明図、図 3 は、その要素グループの解析条件設定画面の説明図、図 4 は、その境界の解析条件設定画面の説明図である。

#### 【 0 0 2 3 】

図 1 に示すように、連成解析システムは、CPU（プロセッサ）1 と、デイス

プレイ2と、マウス等の入力デバイス3と、ファイル装置（記憶装置）4とで構成されている。この解析システムは、周知のパーソナルコンピュータを使用できる。

【0024】

CPU1は、CADモデル作成処理10と、メッシュ作成処理11と、リスト登録処理12と、要素グループの解析条件設定処理13と、要素境界の解析条件設定処理14と、物理モデルのシュミレーション計算処理15と、計算結果の表示処理16とを行う。各処理は、モジュール化されており、汎用のモジュールを一部使用できる。

【0025】

CADモデル作成処理10は、数値計算を行うためのモデルを作成する。メッシュ作成処理11は、作成されたモデルに対して、メッシュ（要素）分割する。この際に、各メッシュ（要素）のグループと境界が定義される。

【0026】

リスト登録処理12は、グループをグループリスト41に、境界を境界リスト42に登録し、グループと境界との対応関係を対応リスト40に登録する。対応リスト40は、図1では、ファイル装置4に設けられ、グループ番号と、対応する境界番号を格納する。

【0027】

要素グループの解析条件設定処理13及び要素境界の解析条件設定処理14は、メッシュ分割したメッシュ（要素）のグループと境界に対して解析条件を設定する。例えば、熱伝導解析では、要素グループに対して熱伝導率、境界に対しては温度や熱伝達率を設定する。又、構造解析では、要素グループに対してヤング率等、境界に対しては荷重等の条件を設定する。本発明の一つの特徴として、両解析条件設定処理13、14は、互いにリンクしている。

【0028】

図2、図3及び図4により、解析条件設定処理を説明する。図2は、ディスプレイ2の解析条件設定画面100を示す。解析条件設定画面100は、3つの領域110、120、130が設けられている。第1の領域110は、物理モデル

と要素グループ名の2次元リストを表示する。第2の領域120は、物理モデルと境界名の2次元リストを表示する。第3の領域130は、対象モデル形状を表示する。

#### 【0029】

要素グループ設定用の2次元リスト110は、各要素グループ名と、このシステムで指定可能な物理シミュレーションモデルの表である。図2及び図3の例では、対象モデル（図2の第3の領域130）の3つのグループ1、2、3と、5つの指定可能な物理モデル（熱伝導、流体、構造解析、静電磁場、電磁場）との表で構成される。

#### 【0030】

物理モデルの選択においては、2次元リスト110において、物理モデルと要素グループの交わる領域をクリック（またはダブルクリック）することで、要素グループの物理モデルが選択され、対応する物理モデルの物理変数入力画面112、114が開き、変数の入力ができる。

#### 【0031】

図3の例では、2次元リスト110の熱伝導をクリックすることにより、熱伝導解析の変数設定画面112が開き、熱伝導率、比熱等の入力を行うことができる。又、2次元リスト110の流体をクリックすることにより、流体解析の変数設定画面114が開き、粘性係数、質量密度等の入力を行うことができる。2次元リスト110の設定された欄には、丸印が表示される。

#### 【0032】

境界条件設定用の2次元リスト120は、各境界名と、このシステムで指定可能な物理シミュレーションモデルの表である。図2及び図4の例では、対象モデル（図2の第3の領域130）の境界1、2、3、4と、5つの指定可能な物理モデル（熱伝導、流体、構造解析、静電磁場、電磁場）との表で構成される。

#### 【0033】

境界条件の選択においては、2次元リスト120において、物理モデルと境界の交わる領域をクリック（またはダブルクリック）することで、対応する物理モデルの物理変数入力画面122、124が開き、変数の入力ができる。

## 【0034】

図4の例では、2次元リスト120の熱伝導をクリックすることにより、熱伝導解析の境界条件設定画面122が開き、熱流束、熱伝達率等の入力を行うことができる。又、2次元リスト120の流体をクリックすることにより、流体解析の境界条件設定画面124が開き、圧力、流速等の入力を行うことができる。

## 【0035】

本発明の一つの特徴として、物理モデルと境界名の2次元的なリスト表示機能を有し、前述のファイル4の対応リスト40を参照し、各要素グループの物理モデルの割り当て状況を境界リスト120に表示する。境界リスト120において、条件設定が必要とされる境界(物理モデルと境界の交わる領域)が自動的にチェックされる。例えば、丸印で表示する。チェックされている境界名の領域をクリック(またはダブルクリック)することで、各境界が対応する物理モデルの境界条件の設定ができる。

## 【0036】

また、物理モデルと要素グループ名の2次元的なリスト表示と物理モデルと境界名の2次元的なリスト表示とモデル形状の表示とを1画面に並べて同時表示することで、容易に解析の設定状況の把握ができる。

## 【0037】

このように、2次元リスト110により、複数の物理モデルを伴う達成解析において、要素グループへの物理変数の設定が容易になる。又、要素グループへの物理変数の設定状況を判別し、設定が必要な境界条件を自動的にチェックし、境界リスト120で設定可能状態にするので、境界条件設定が容易になる。更に、要素グループリストと境界リストとモデル形状を同時に出力できるので、解析の設定状況の把握が容易になる。

## 【0038】

図1に戻り、計算処理15は、メッシュ分割されたモデルと解析条件を用いて計算を実行して、解を求める。この計算処理15は、汎用の熱解析プログラム、構造解析プログラム、流体解析プログラム等を使用できる。結果表示処理16は、計算処理で求められた計算結果を画面に出力する。

## 【 0 0 3 9 】

## 〔解析条件設定方法〕

次に、リスト登録処理 1 2、解析条件設定処理 1 3、1 4 を、図 5 乃至図 9 により説明する。図 5 は、図 1 のリスト登録、解析条件設定処理フロー図、図 6 は、図 5 の要素と境界の関係図、図 7 は、図 5 の境界データの作成処理フロー図、図 8 は、図 5 の境界データの修正処理フロー図、図 9 は、図 1 のリンク処理フロー図である。

## 【 0 0 4 0 】

図 5 により、登録、設定処理を説明する。

## 【 0 0 4 1 】

(S 1) 要素グループデータ構造を作成する。図 1 の例では、読み込んだ要素グループをグループリスト 4 1 に登録する。

## 【 0 0 4 2 】

(S 2) 読み込んだ要素グループ又は要素グループと要素境界データから、要素境界データ構造を作成する。図 6 に示すように、境界 A が、要素 A、B、C に跨ることがある。このような場合、境界 A を、境界 A - B と、境界 A - C に分割する。このようにすることにより、1 つの境界は、片側に 1 つの要素、又は両側に 1 つずつの要素を有していると定義でき、境界と要素との相関を用いる解析条件設定が可能となる。図 1 の例では、この境界を境界リスト 4 2 に登録し、且つグループと境界の相関関係を対応リスト 4 0 に登録する。この処理は、後述する図 7 及び図 8 で詳細に説明する。

## 【 0 0 4 3 】

(S 3) 図 2 のように、解析条件設定画面 1 0 0 を表示し、領域 1 1 0 の要素グループと物理モデルとの 2 次元リストから、要素グループの物理モデルを選択する。図 2、図 3 で示すと、グループと物理モデルの交点の領域をクリックする。これに応じて、選択した要素グループが有する要素境界を、対応リスト 4 0 により自動検索する。領域 1 2 0 の要素境界と物理モデルとの 2 次元リストの要素境界の物理モデルは、クリックした物理モデルに決定される。この処理を、後述する図 9 で詳細に説明する。

【0044】

(S4) 同様に、図2のように、解析条件設定画面100の領域120の要素境界と物理モデルとの2次元リストから、要素境界の物理モデルを選択する。図2、図4で示すと、要素境界と物理モデルの交点の領域をクリックする。これに応じて、選択した要素境界を境界とする要素グループを、対応リスト40により自動検索する。領域110の要素グループと物理モデルとの2次元リストの要素グループの物理モデルは、クリックした物理モデルに決定される。

【0045】

(S5) 図3及び図4のように、各々の物理モデルの解析条件設定画面112、114、122、124が開き、解析条件を設定(入力)する。

【0046】

図7により、図5及び図6で説明した境界データの作成処理を説明する。図7は、要素グループだけ読み込んだ場合の境界データの作成処理を示す。

【0047】

(S10) 要素グループデータ(要素グループとその要素)を読み込んだ後、要素グループのポインタNを「1」に初期化する。

【0048】

(S11) 要素のポインタMを「1」に初期化する。

【0049】

(S12) N番目の要素グループに属するM番目の要素に対し、その隣接する要素データを検索する。

【0050】

(S13) 要素グループJに隣接要素があった場合には、境界[N, J]のデータに、M番目の要素と、要素境界面位置を登録する。

【0051】

(S14) 一方、隣接要素が無い場合には、境界[N, 0]のデータに、M番目の要素と、要素境界面の位置を登録する。

【0052】

(S15) 要素ポインタMを、「M+1」にインクリメントし、要素ポインタ



Mが、最大値Mmaxを越えたかを判定する。越えていないと、ステップS12に戻る。

【0053】

(S16) 越えていると、要素グループポインタNが、最大値Nmaxを越えたかを判定する。越えていないと、ステップS11に戻る。越えていると、全ての要素グループの境界検索が終了したため、終了する。

尚、境界データが与えられる場合は、図7の処理は、必要ない。

【0054】

次に、図8により、図6で説明した境界データの修正処理を説明する。

【0055】

(S20) 要素グループデータ（要素グループとその要素）と要素境界データを読み込んだ後、要素境界のポインタNを「1」に初期化する。

【0056】

(S21) N番目の要素境界に属する要素グループ数をカウントする。

【0057】

(S22) 要素グループ数が、3以上である場合には、N番目の要素境界データを複数に分割し、新たに、要素境界データを作成する。

【0058】

(S23) 要素グループ数が2以下である場合には、分割しない。即ち、要素グループ数が2以下である場合と、ステップS22で要素グループ数を2以下に修正した場合には、要素境界のポインタNが、最大値Nmaxを越えたかを判定する。越えていないと、ステップS21に戻る。越えていると、全ての要素境界の処理が完了したため、終了する。

【0059】

このようにして、1つの境界は、片側に1つの要素、又は両側に1つずつの要素を有していると定義でき、境界と要素との相関を用いる解析条件設定が可能となる。

【0060】

次に、図5の条件設定処理における要素グループと境界とのリンク処理を、図

9により、説明する。

【 0 0 6 1 】

( S 3 0 ) 図 2 の境界グループの 2 次元リスト 1 1 0 で、N 番目の要素グループの物理モデルを選択すると、N 番目の要素グループをグループリスト 1 1 0 に丸印で表示する。

【 0 0 6 2 】

( S 3 1 ) 対応リスト 4 0 を参照して、選択グループに対する境界を検索する。検索でヒットした境界要素を境界リスト 1 2 0 に丸印で表示する。

【 0 0 6 3 】

このようにして、図 2 で説明したように、選択グループと境界との対応が、自動的にチェックされ、解析条件の設定に反映される。

【 0 0 6 4 】

次に、解析条件設定方法を、図 1 0 乃至図 1 7 により説明する。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 は、解析条件設定の初期画面図である。図 1 0 において、アイコン 1 4 0 は、図 1 のモデル作成処理を指定するためのもの、アイコン 1 5 0 は、図 1 のメッシュ作成処理を指定するためのもの、アイコン 1 6 0 は、解析条件設定処理を指定するためのもの、アイコン 1 7 0 は、計算処理を指定するためのもの、アイコン 1 8 0 は、結果表示処理を指定するためのものである。

【 0 0 6 6 】

解析条件設定処理のアイコン 1 6 0 をクリックすると、図 1 0 のように、画面領域 1 3 0 に、対象モデル形状が表示され、画面領域 1 1 0 に、グループの 2 次元リスト 1 1 0 が表示され、画面領域 1 2 0 に、境界の 2 次元リスト 1 2 0 が表示される。

【 0 0 6 7 】

この例では、2 次元リスト 1 1 0 の縦軸に、グループ番号を、横軸に、閲覧 ( View ) , グループ名、物理モデル ( 熱伝導、静電場、流体 ) を並べてある。そして、対象モデルのグループは、「 s o l i d 1 」と、「 s o l i d 2 」の 2 つであることを示す。

## 【0068】

同様に、2次元リスト120の縦軸に、境界番号を、横軸に、閲覧（View）、境界名、物理モデル（熱伝導、静電場、流体）を並べてある。そして、対象モデルの境界は、グループ「solid 1」の境界「slf 1」～「slf 6」と、「solid 2」の境界「s2f 1」～「s2f 3」であることを示す。

## 【0069】

次に、図11乃至図13により、グループ選択処理を説明する。図10及び図13に示すグループ選択モード190をクリックすることにより、グループ選択、即ち、各グループの物理的性質を選択する。選択方法は、グループ名と物理モデルで作成されるリスト110の交わる領域をマウスでクリック（又はダブルクリック）すると、図11及び図13に示すように、丸印（○）が表示され、グループ名に対する物理的性質が決定される。この際、選択したグループの境界が自動的にチェックされ、図11及び図13に示すように、グループと同じ物理的性質が決定される。更に、境界リストに丸印（○）が表示される。また、グループリストの丸印（○）が表示された領域をマウスでクリック（又はダブルクリック）すると、丸印（○）の表示が消えて設定が解除される。

## 【0070】

具体的には、図13に示すように、「グループ」と「物理モデル」の交わる領域Aをマウスでクリック（又はダブルクリック）すると、そのグループの境界Bが自動的にチェックされる。例えば、グループの物理的性質が仮に「熱伝導」と決まれば、そのグループの境界の性質が「熱伝導」の性質を持つことが一意的に決まる（グループと境界との相関関係）ということを利用して、グループリスト110、境界リスト120上に自動的に反映させる。

## 【0071】

境界の数が複数存在する場合には、どの境界がどのような物理的性質を有しているかが、わかりにくい、このグループ・境界リスト110、120を用いることで、ユーザーが誤らずにかつ容易に解析条件設定を行うことが可能になる。

## 【0072】

同様に、図12に示すように、グループ「solid 2」についても、物理的性質が仮に「熱伝導」と決まれば、そのグループの境界の性質が「熱伝導」の性質を持つことが一意的に決まり、グループリスト110、境界リスト120上に自動的に反映される。

## 【0073】

次に、解析条件の設定に移り、図10、図13の設定アイコン200をクリックする。選択モードで選択され物理的性質が決まっている丸印（○）が表示された領域をマウスでクリック（又はダブルクリック）すると、物理的性質に対応する解析条件設定画面（図3～図4）が表示され、解析条件の設定を行うことができる。解析条件設定画面が表示されている間（設定待ち）は、図11、図12のように対応するグループ又は境界が強調表示される。

## 【0074】

更に、ユーザーが設定進行状況を一目で把握できるように、解析条件設定後には、リストの丸印（○印）を二重丸（◎）印に変える。以前に設定した設定個所の解析条件を後で変化させて計算する場合（例えば熱伝導率を2倍にする）等には、設定個所の特定が非常に容易になる。

## 【0075】

更に、グループ、境界描画モードも可能である。図14及び図15で示すように、リスト110の閲覧（View）列の白四角（□）をクリックすると表示が黒四角（■）になり、対応するグループが画面に異なる色等で強調表示される。同様に、境界についても、リスト120の閲覧（View）列の白四角（□）をクリックすると、表示が黒四角（■）になり、図16乃至図18に示すように、対応する境界が画面に異なる色等で強調表示される。

## 【0076】

この強調表示されたモデル描画面面上の領域をマウスでクリック（又はダブルクリック）すると、解析条件設定画面（図3～図4）が表示され、解析条件の設定を行うことも可能である。即ち、リストを用いた設定と描画面面を用いた設定の両方が可能となる。

## 【0077】

前述の実施の形態では、グループリスト 1 1 0 と境界リスト 1 2 0 を同時に画面に表示しているが、片方を表示し、切り替えにより、他方を表示してもよい。

【 0 0 7 8 】

〔他の実施の形態〕

図 1 9 及び図 2 0 は、本発明の他の実施の形態の変数設定画面の説明図である。図 1 9 では、熱伝導解析の変数設定画面と流体解析の変数設定画面が 1 つの設定画面 1 1 6 で構成される。この画面 1 1 6 で、熱伝導率、比熱、粘性係数、質量密度等の入力を行うことができる。

【 0 0 7 9 】

図 2 0 では、熱伝導解析の境界条件設定画面と流体解析の境界条件設定画面が 1 つの設定画面 1 2 6 で構成され、熱流束、熱伝達率、圧力、流速等の入力を行うことができる。

【 0 0 8 0 】

図 2 1 乃至図 2 4 は、本発明の他の実施の形態の振動乃至移動するモデルを例にした説明図である。図 2 2 に示すように、固体（グループ 2）が流体（グループ 1）で移動するモデルや、図 2 4 に示すように、固体（グループ 2）が電磁波領域（グループ 1）で振動するモデルでは、解析条件として、更に、境界の移動方法を設定する必要がある。例えば、点対象の移動、面对象の移動、軸方向の移動等である。

【 0 0 8 1 】

この場合に、図 2 1、図 2 3、図 2 4 に示すように、移動グループ、移動境界を、非移動グループ、非移動境界と区別するように、例えば、二重丸で表示し、対応する設定画面を呼び出すようにする。これにより、移動、振動モデルにおいても、区別して、グループと境界をリンクできる。

【 0 0 8 2 】

以上、本発明を実施の形態により説明したが、本発明の趣旨の範囲内において、種々の変形が可能であり、これらを本発明の技術的範囲から排除するものではない。

【 0 0 8 3 】

（付記 1）対象モデルを複数の物理モデルでシミュレーションする連成解析方法において、前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、

前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップと、前記設定された物理モデル及び解析条件で、前記対象モデルを解析するステップとを有することを特徴とする連成解析方法。

【 0 0 8 4 】

（付記 2）前記要素グループの設定ステップは、前記境界の解析条件設定画面と同一の画面に表示された要素グループの解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 8 5 】

（付記 3）前記解析条件設定画面と同一の画面に、前記対象モデルの形状を表示するステップを更に有することを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 8 6 】

（付記 4）前記要素グループの設定ステップは、前記要素グループと前記物理モデルとの 2 次元リストからなる解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 8 7 】

（付記 5）前記反映ステップは、前記境界と前記物理モデルとの 2 次元リストからなる境界の解析条件設定画面に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップからなることを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 8 8 】

（付記 6）前記対象モデルの要素グループ及び境界データから、要素グループと境界との相関を示す対応リストを生成するステップを更に有することを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 8 9 】

（付記 7）前記対象モデルの要素グループ及び境界データから、2 つ以下の要素グループに属する境界データを生成するステップを更に有することを特徴とする付記 1 の連成解析方法。

【 0 0 9 0 】

（付記 8）対象モデルを複数の物理モデルでシミュレーションする連成解析における解析条件設定方法において、前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップとを有することを特徴とする連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 1 】

（付記 9）前記要素グループの設定ステップは、前記境界の解析条件設定画面と同一の画面に表示された要素グループの解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 2 】

（付記 1 0）前記解析条件設定画面と同一の画面に、前記対象モデルの形状を表示するステップを更に有することを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 3 】

（付記 1 1）前記要素グループの設定ステップは、前記要素グループと前記物理モデルとの 2 次元リストからなる解析条件設定画面で、前記要素グループの設定を行うステップからなることを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 4 】

（付記 1 2）前記反映ステップは、前記境界と前記物理モデルとの 2 次元リストからなる境界の解析条件設定画面に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップからなることを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 5 】

(付記 1 3) 前記対象モデルの要素グループ及び境界データから、要素グループと境界との相関を示す対応リストを生成するステップを更に有することを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 6 】

(付記 1 4) 前記対象モデルの要素グループ及び境界データから、2 つ以下の要素グループに属する境界データを生成するステップを更に有することを特徴とする付記 8 の連成解析の解析条件設定方法。

【 0 0 9 7 】

(付記 1 5) 対象モデルを複数の物理モデルでシュミレーションする連成解析における解析条件設定プログラムを記憶する記憶媒体において、前記対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するためのプログラムと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するためのプログラムと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するプログラムと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するプログラムとを記憶したことを特徴とする記憶媒体。

【 0 0 9 8 】

【発明の効果】

あるグループとそのグループの境界は共通の物理モデルの性質を有するという原理を用いて、グループと境界の相関を境界条件設定画面に反映するようにした。このため、グループの物理モデルを設定すると、自動的にそのグループに対応する境界を検索し、境界条件設定画面にその境界の解析条件を設定するようにした。これにより、連成解析の解析条件設定において、対象モデルの要素グループと境界の対応付けが自動的に行われ、解析条件の設定が容易且つ正確に実行できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態のシステム構成図である。



【図 2】

図 1 のシステムの解析条件設定画面の説明図である。

【図 3】

図 2 の要素グループリストの構成図である。

【図 4】

図 2 の要素境界リストの構成図である。

【図 5】

図 1 の解析条件設定処理フロー図である。

【図 6】

図 5 の境界分割処理の説明図である。

【図 7】

図 5 の境界検出処理フロー図である。

【図 8】

図 5 の境界修正処理フロー図である。

【図 9】

図 5 のリンク処理フロー図である。

【図 1 0】

図 1 の解析条件設定画面の説明図である。

【図 1 1】

図 1 0 の画面において、要素グループの設定の説明図である。

【図 1 2】

図 1 0 の画面において、他の要素グループの設定の説明図である。

【図 1 3】

図 1 0 の画面のグループ及び境界リストの拡大図である。

【図 1 4】

図 1 0 の画面において、要素グループの設定時のモデル描画説明図である。

【図 1 5】

図 1 0 の画面において、他の要素グループの設定のモデル描画説明図である。

【図 1 6】

図 1 0 の画面において、境界設定時のモデル描画説明図である。

【図 1 7】

図 1 0 の画面において、他の境界設定時のモデル描画説明図である。

【図 1 8】

図 1 0 の画面において、更に他の境界設定時のモデル描画説明図である。

【図 1 9】

本発明の他の実施の形態の解析変数設定画面の説明図である。

【図 2 0】

本発明の他の実施の形態の境界条件設定画面の説明図である。

【図 2 1】

本発明の他の実施の形態の解析条件設定画面の説明図である。

【図 2 2】

本発明の他の実施の形態の対象モデルの説明図である。

【図 2 3】

本発明の更に他の実施の形態の解析条件設定画面の説明図である。

【図 2 4】

本発明の更に他の実施の形態の対象モデルの説明図である。

【図 2 5】

従来技術の説明図である。

【図 2 6】

従来の解析条件設定画面の説明図である。

【図 2 7】

解析対象モデルの説明図である。

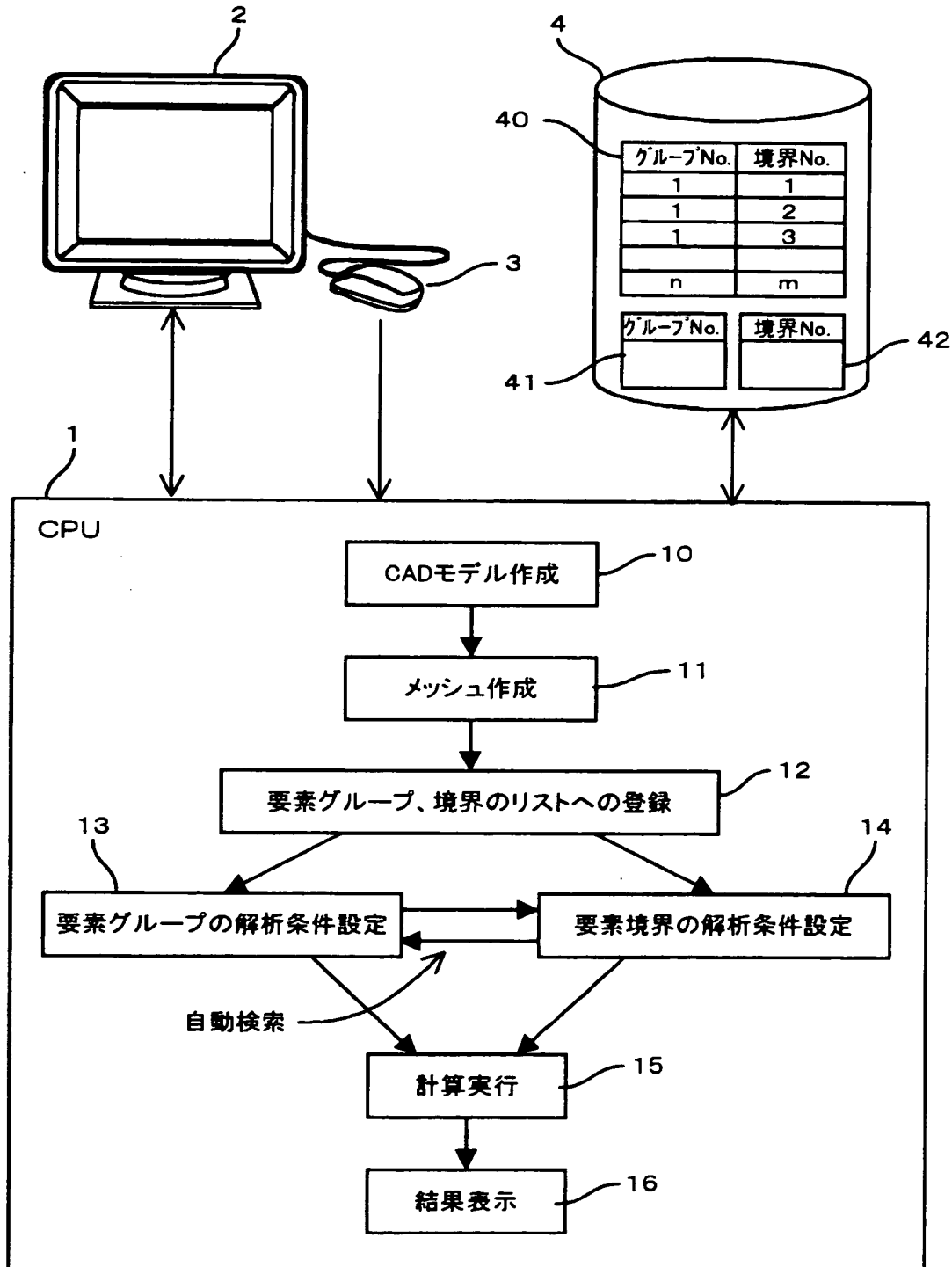
【符号の説明】

- 1 CPU
- 2 ディスプレイ
- 3 入力デバイス
- 4 ファイル装置
- 1 0 CADモデル作成処理

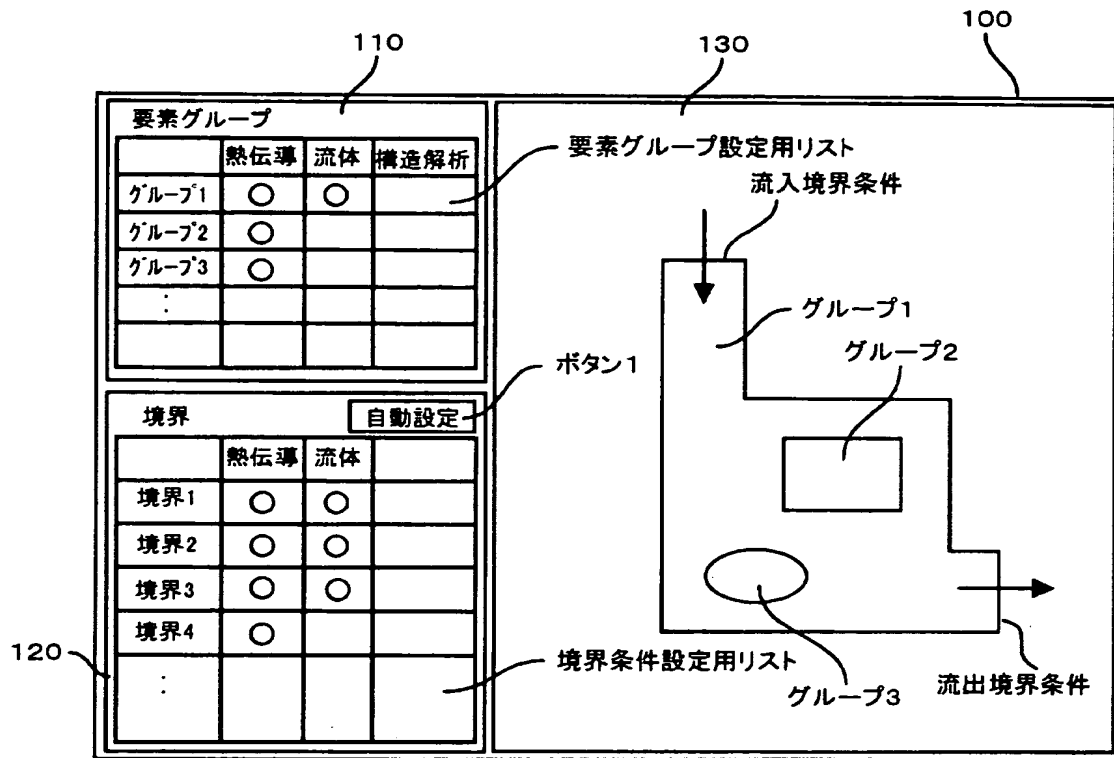
- 1 1    メッシュ作成処理
- 1 2    リスト登録処理
- 1 3    要素グループの解析条件設定処理
- 1 4    要素境界の解析条件設定処理
- 1 5    計算実行処理
- 1 6    結果表示処理
- 4 0    グループ境界対応リスト

【書類名】 図面

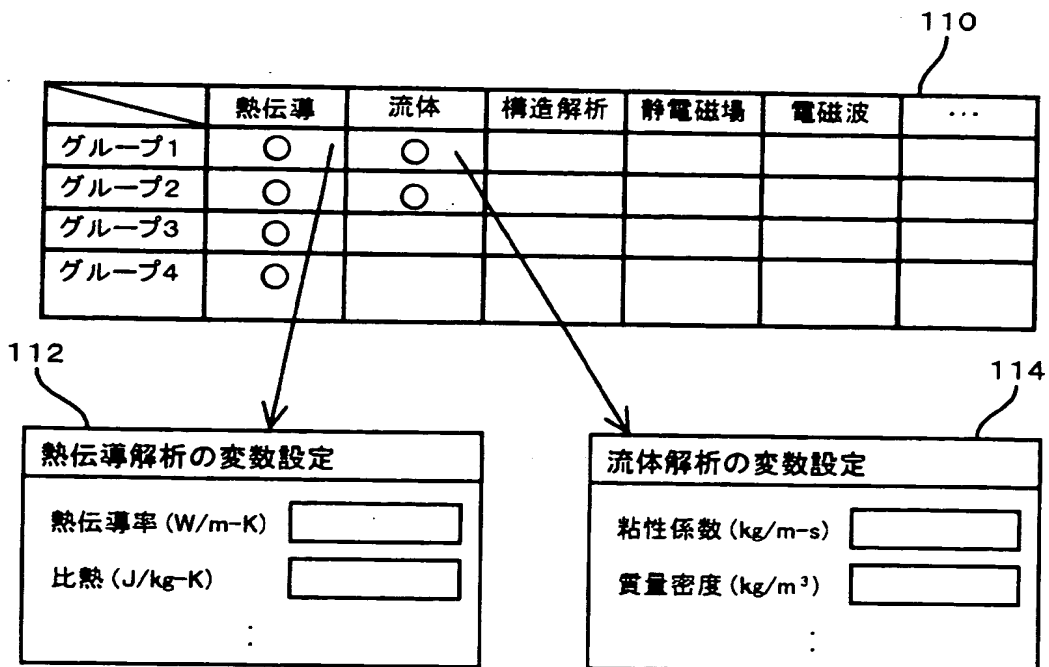
【図 1】



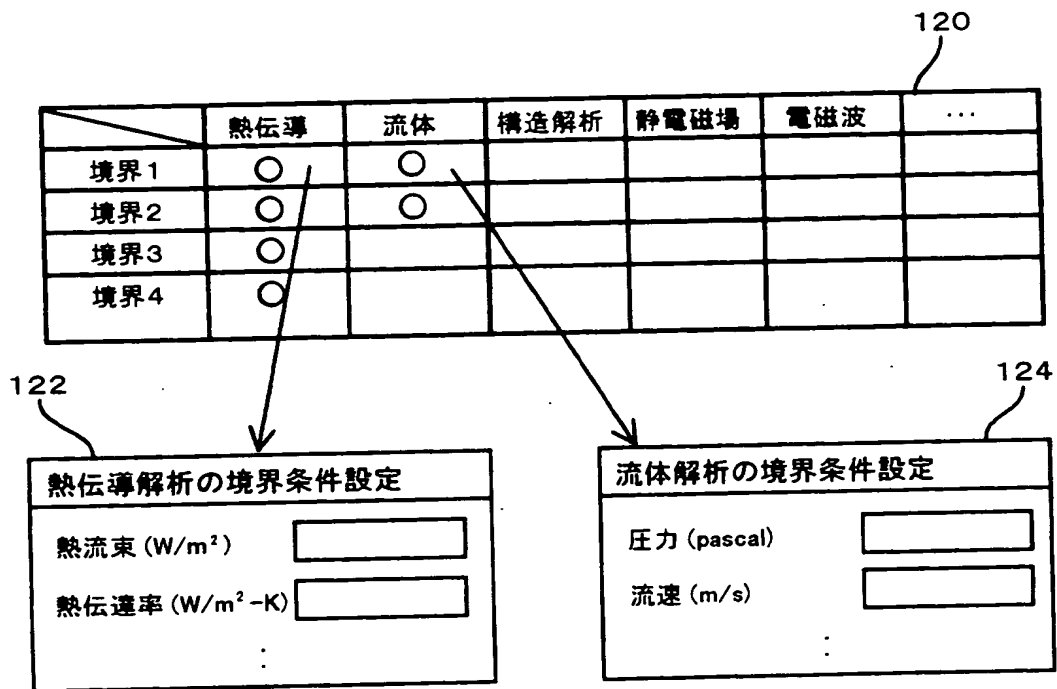
【図 2】



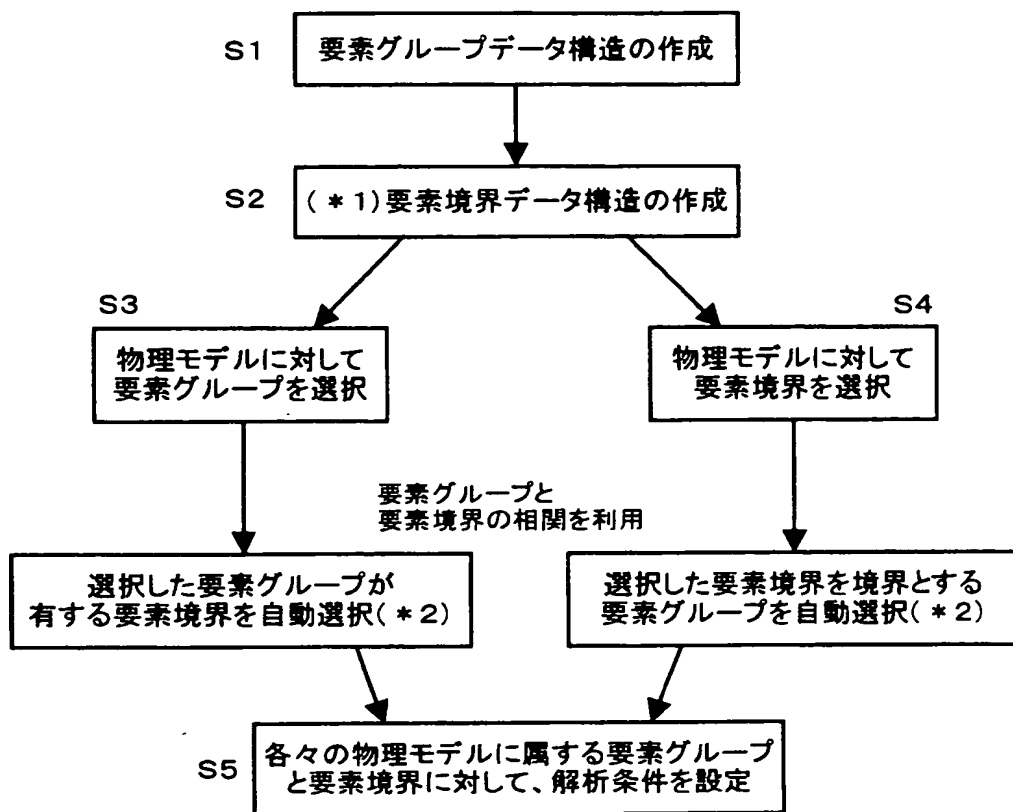
【図 3】



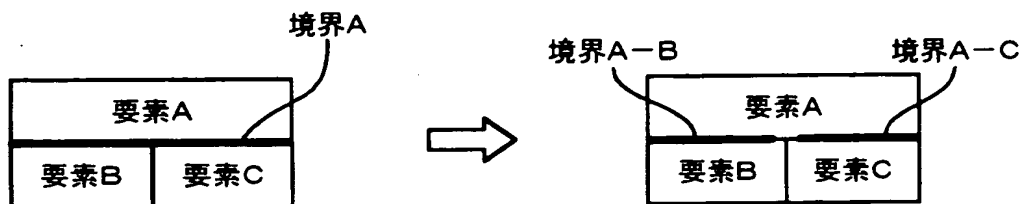
【図 4】



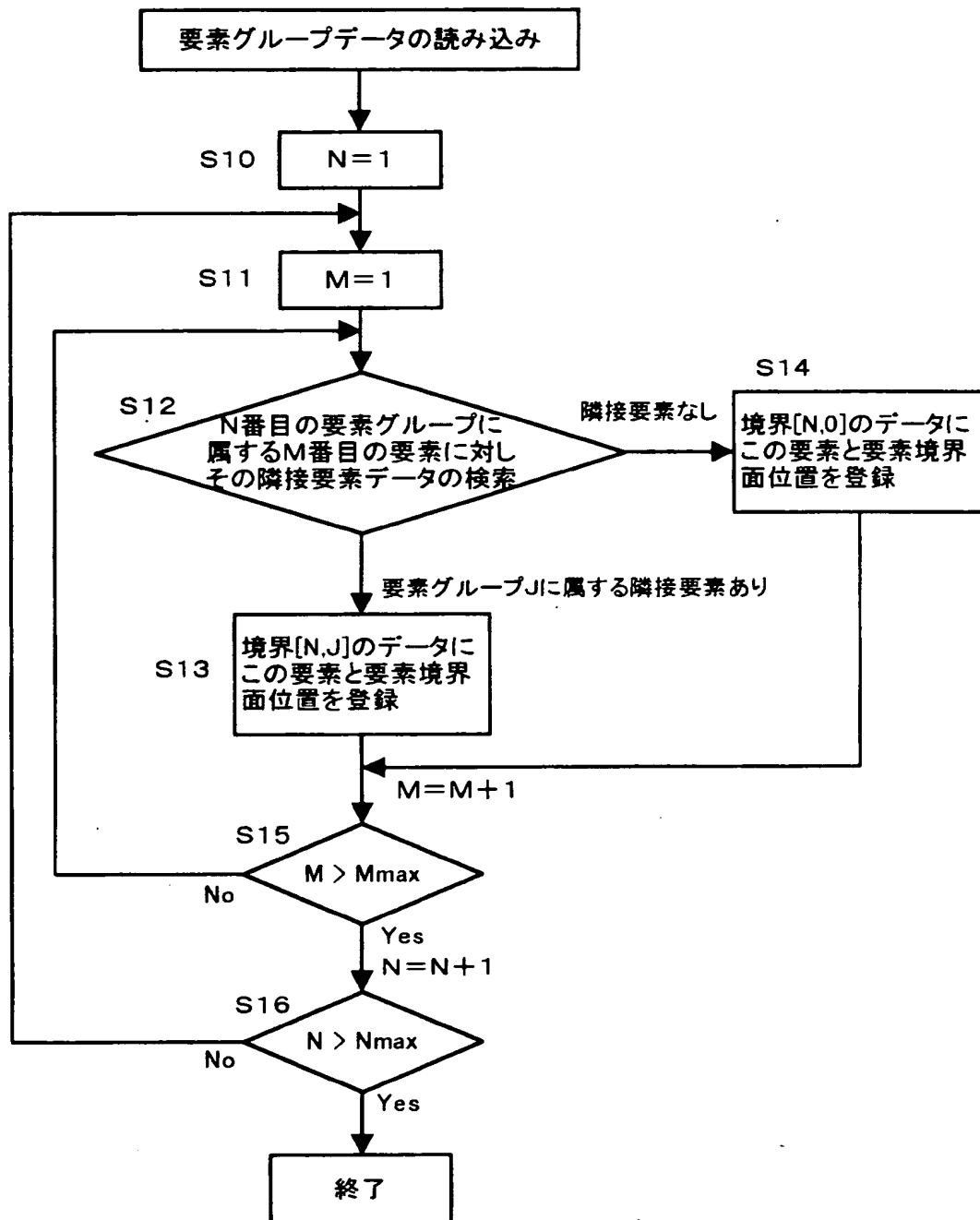
【図 5】



【図 6】

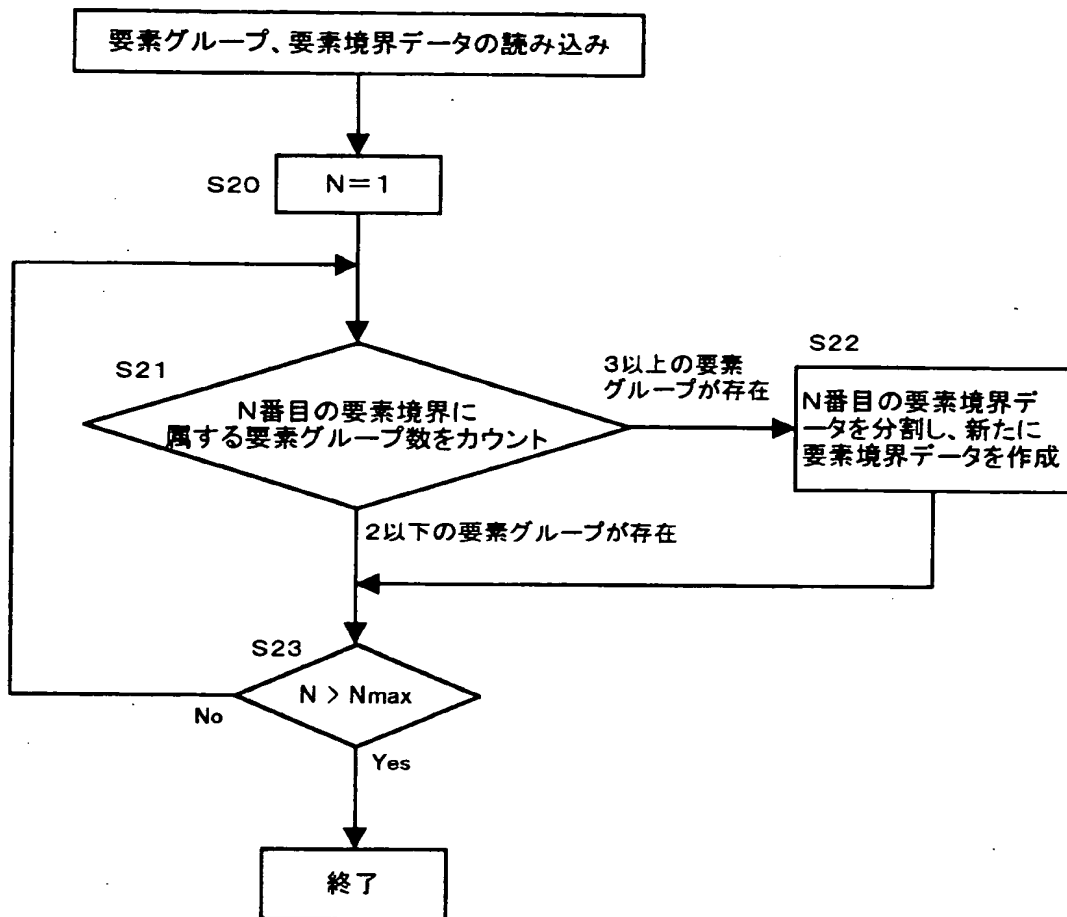


【図 7】

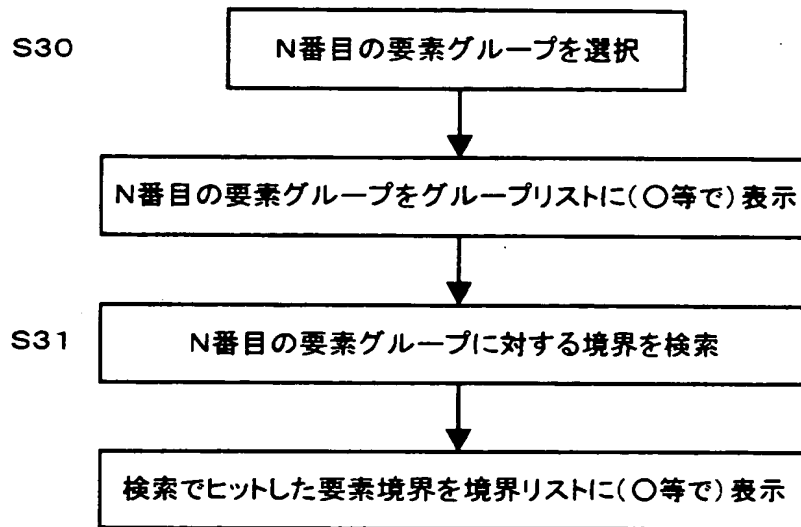




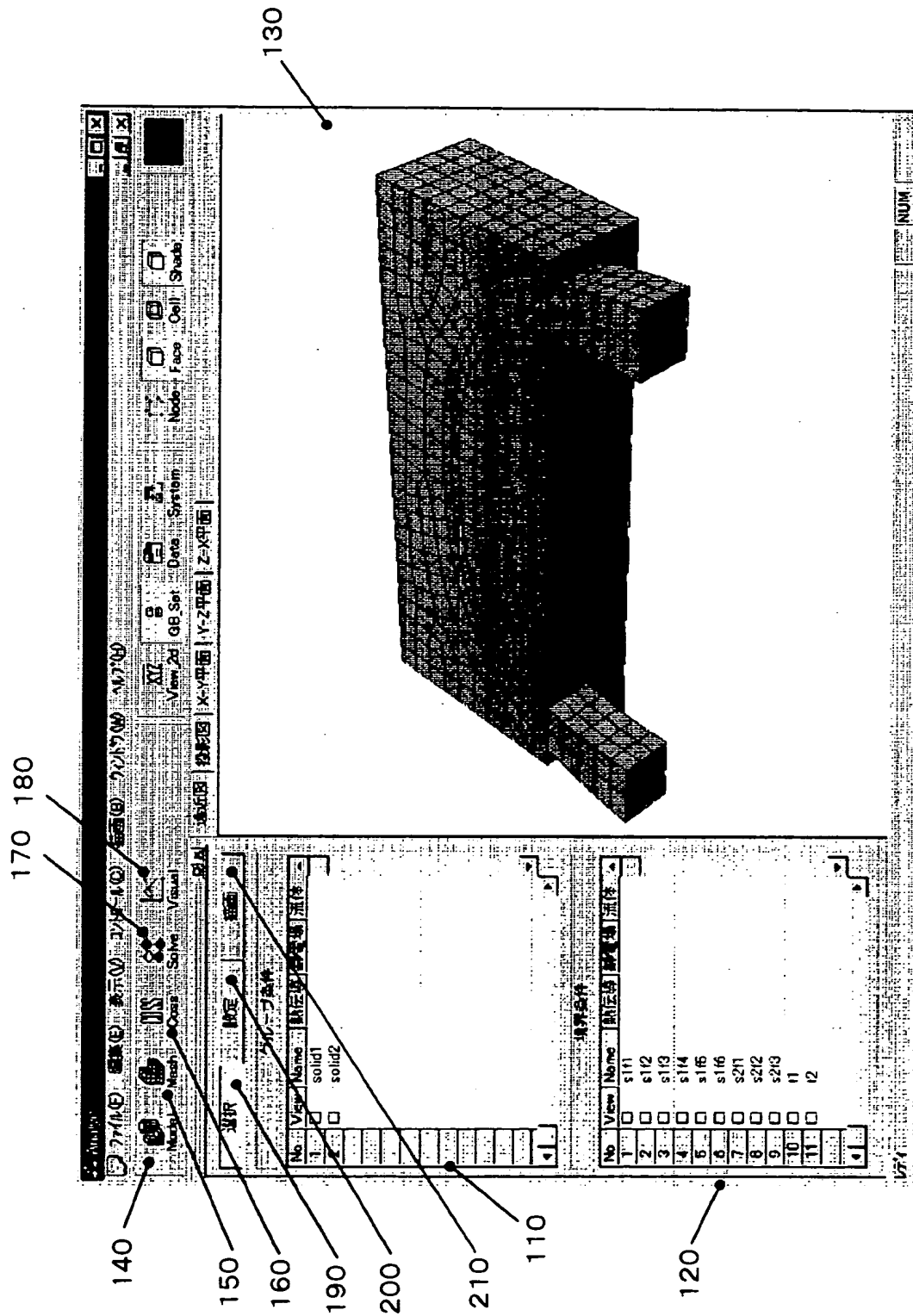
【図 8】



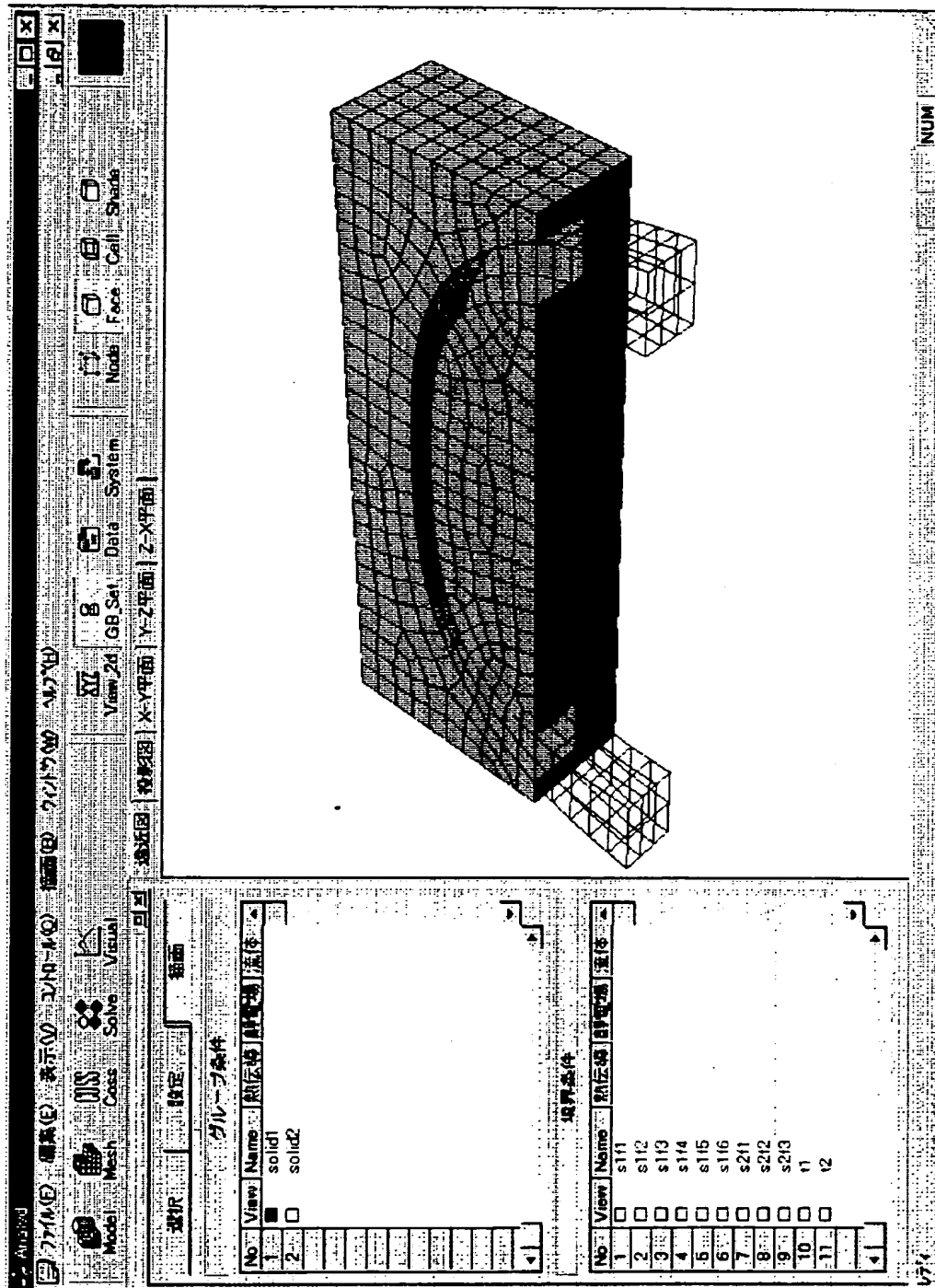
【図 9】



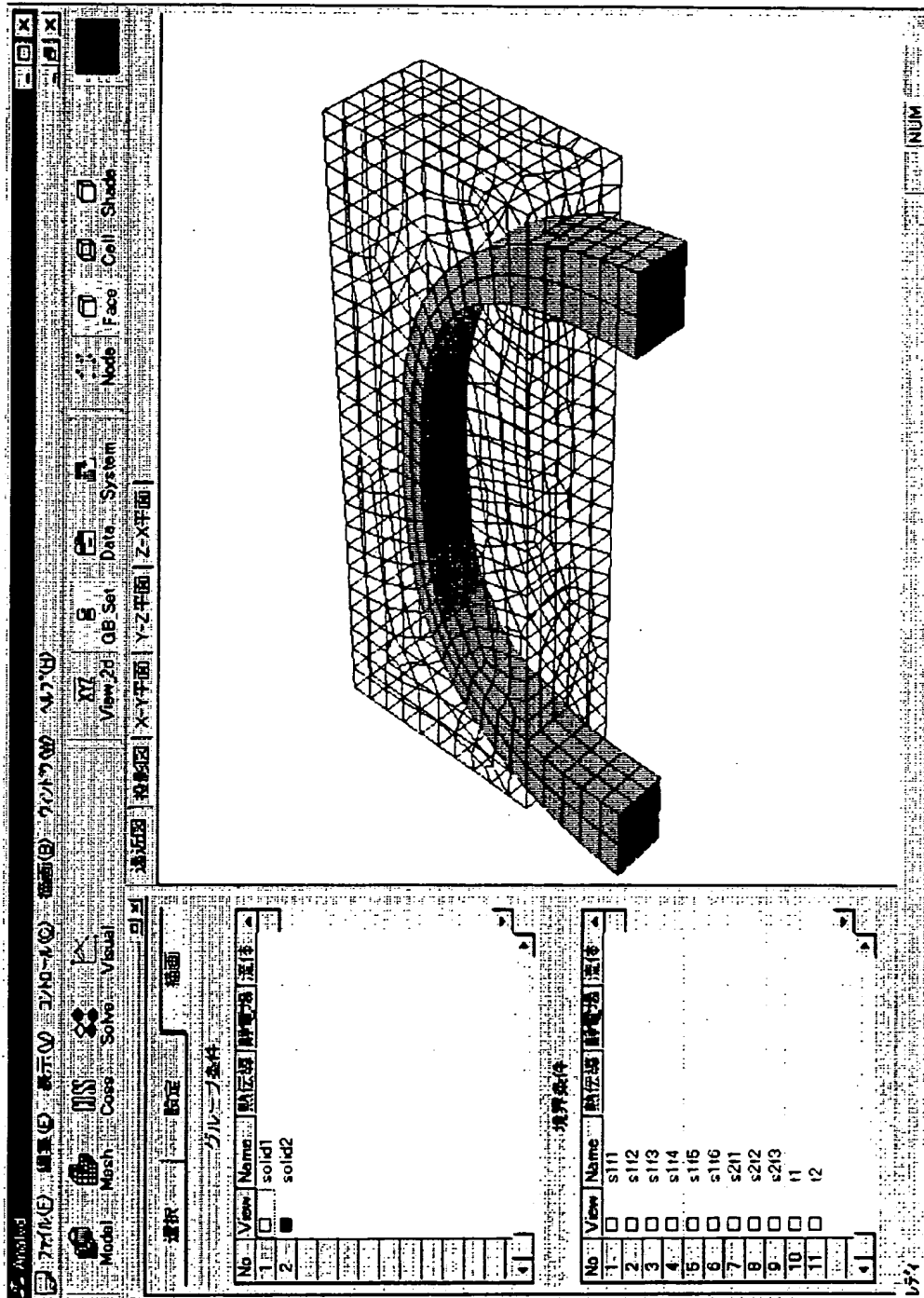
【図10】



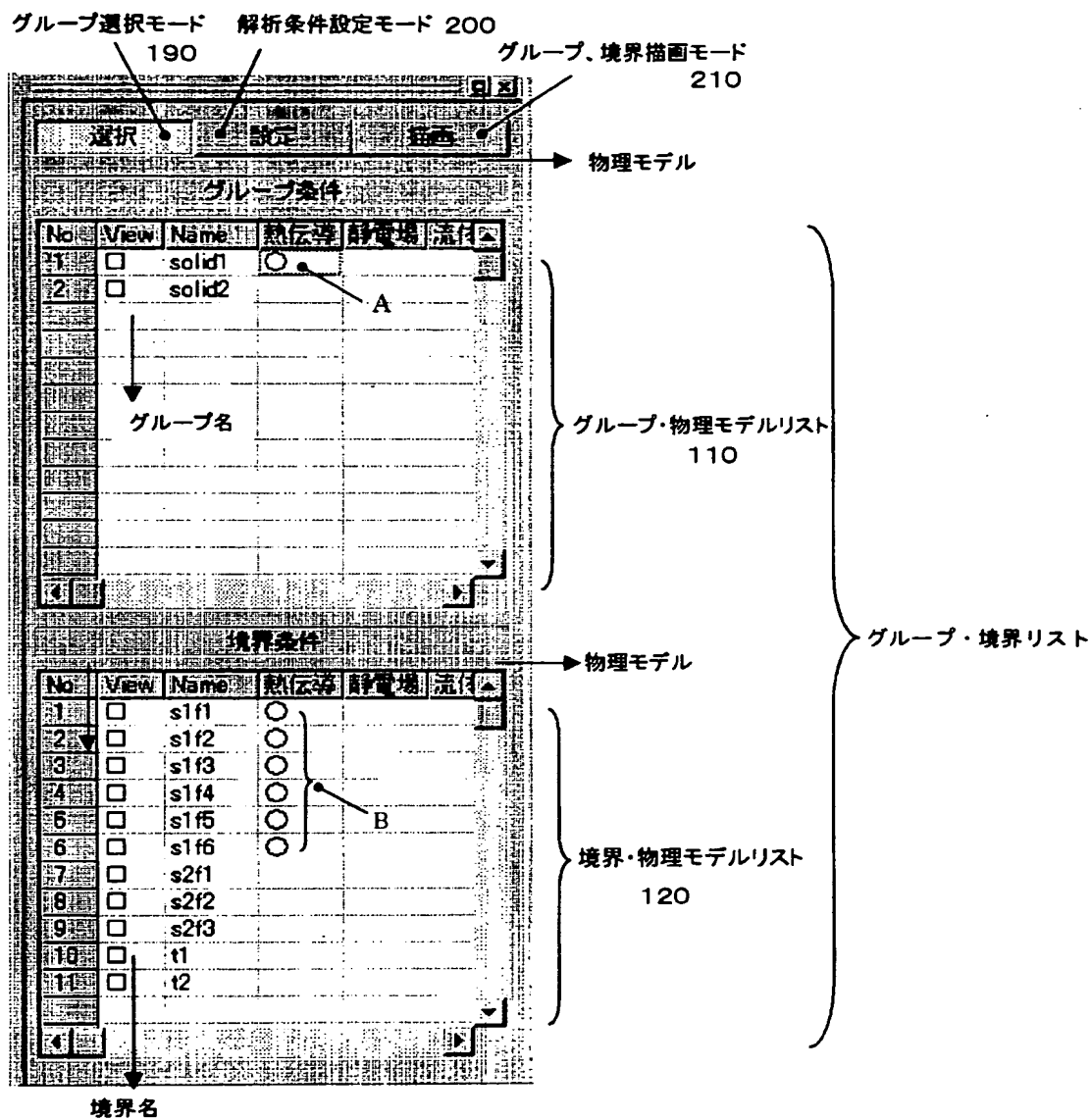
【図 1 1】



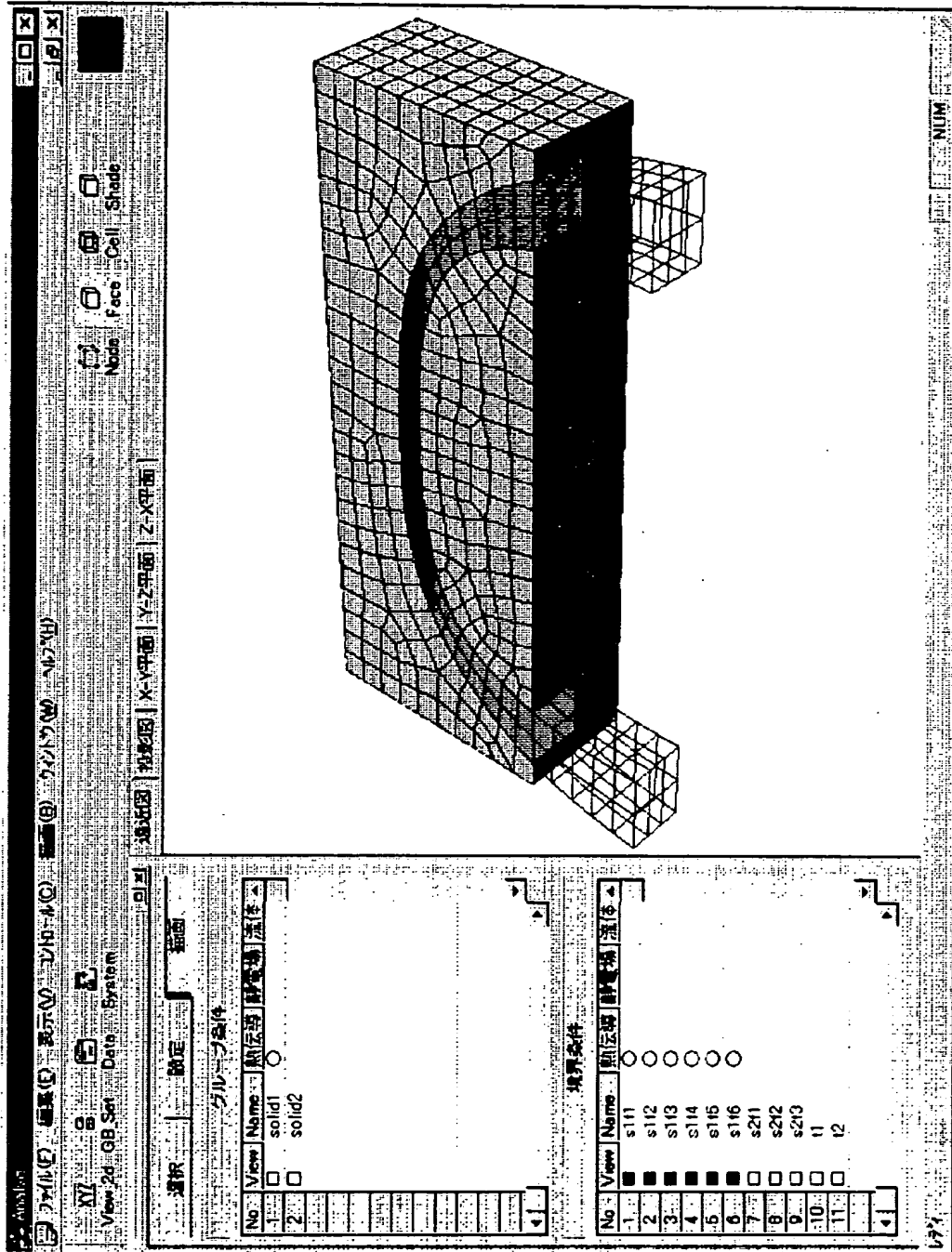
【図12】



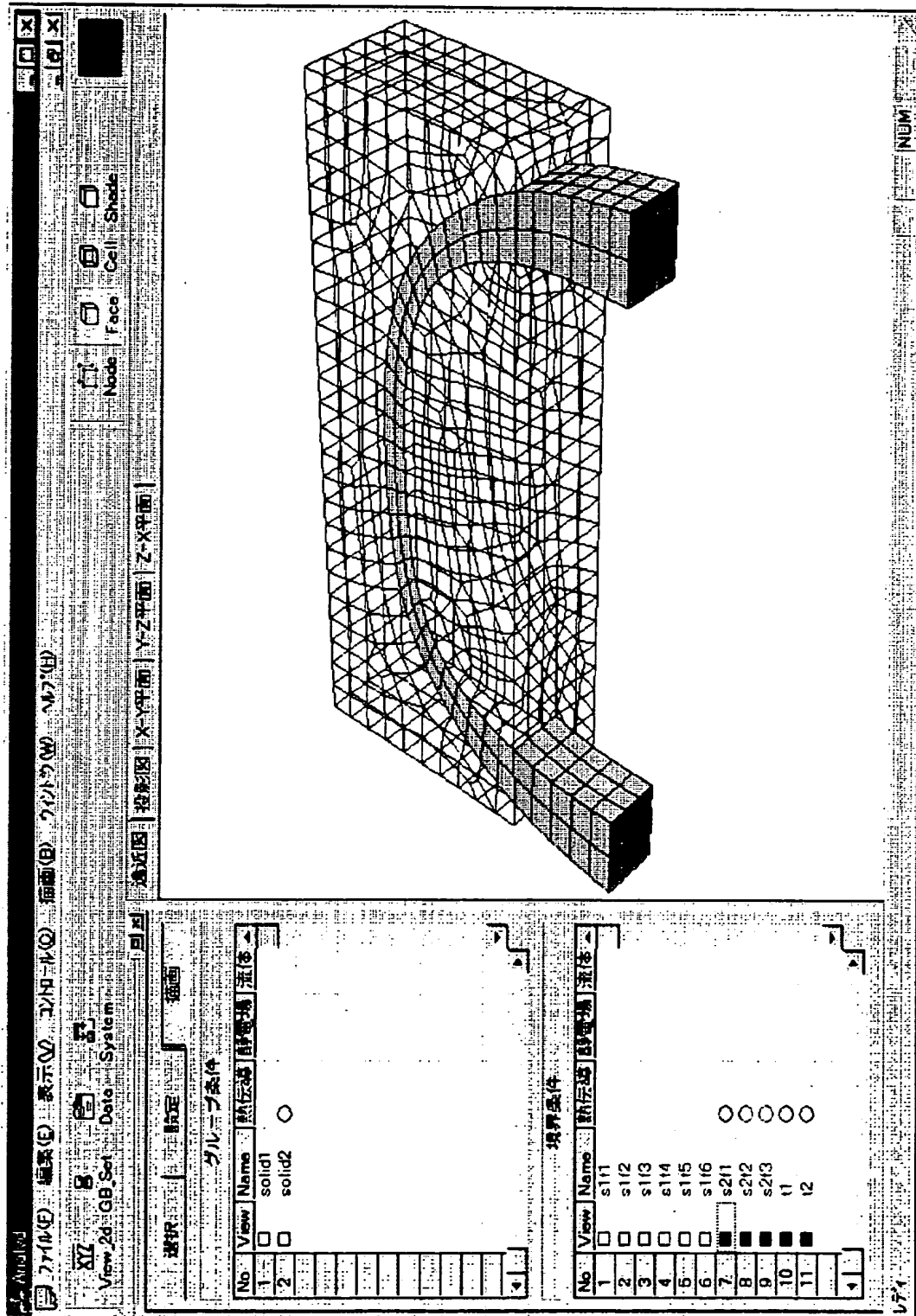
【图 1 3】



【図 14】

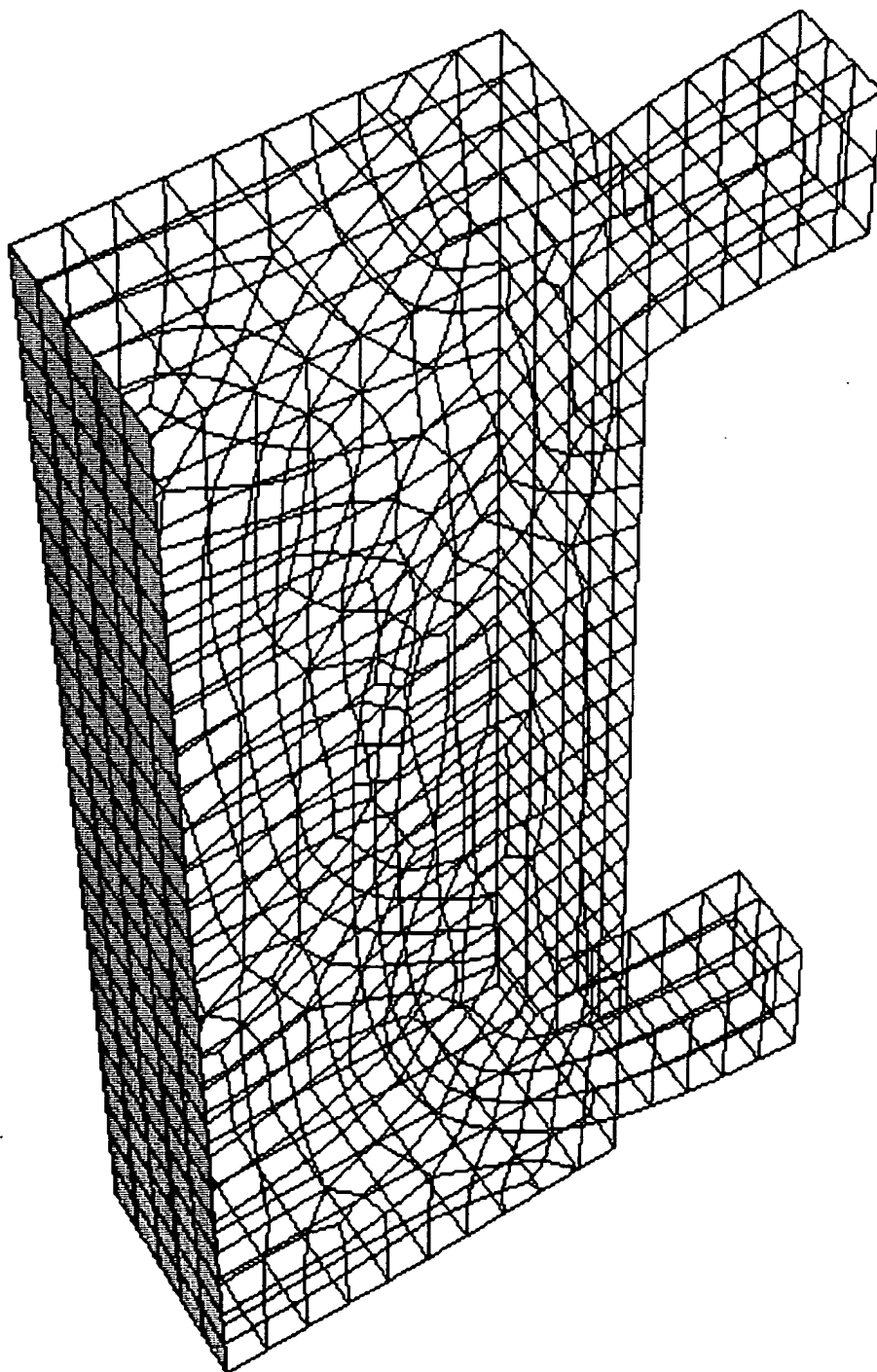


【図 15】

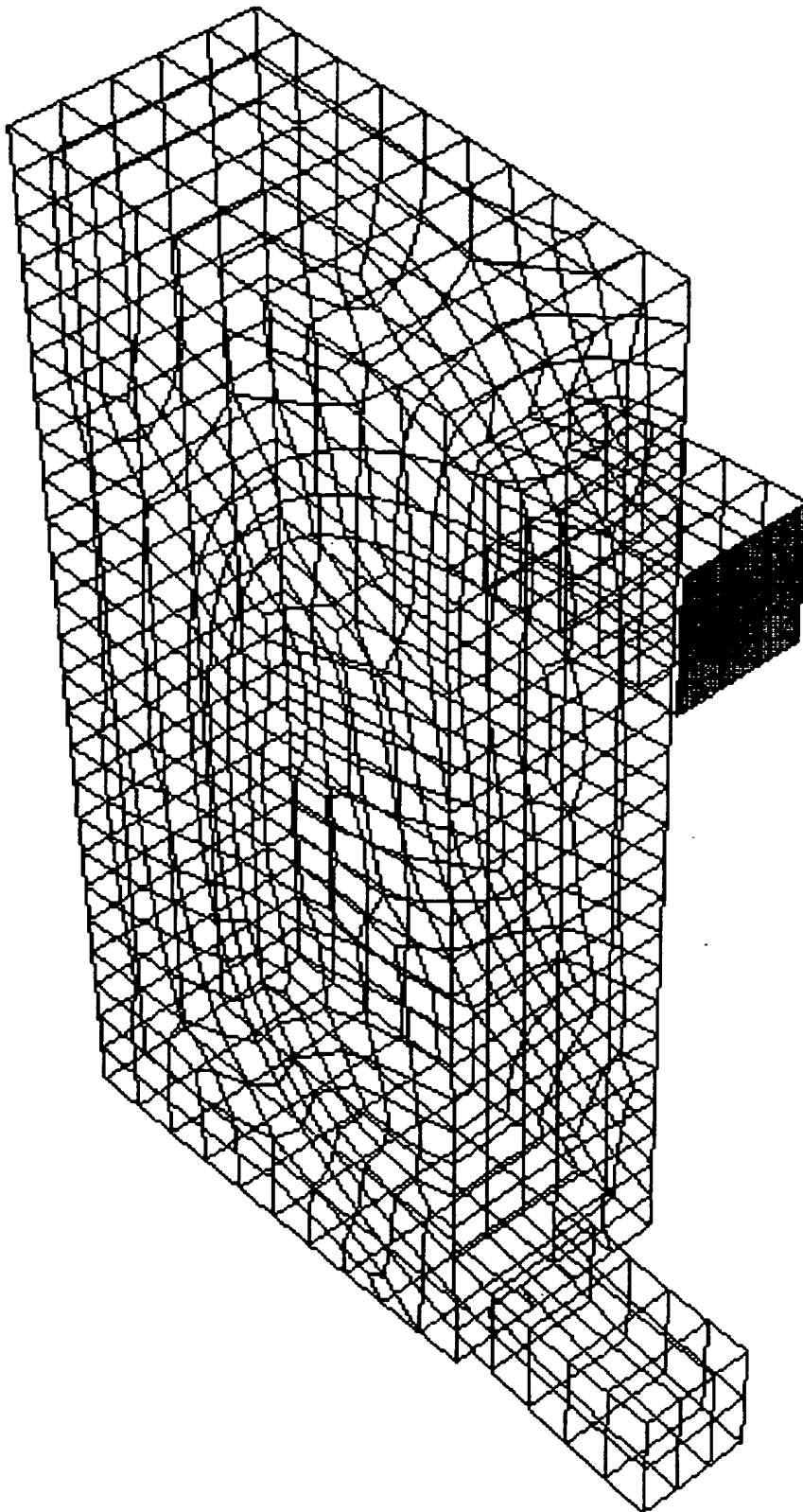




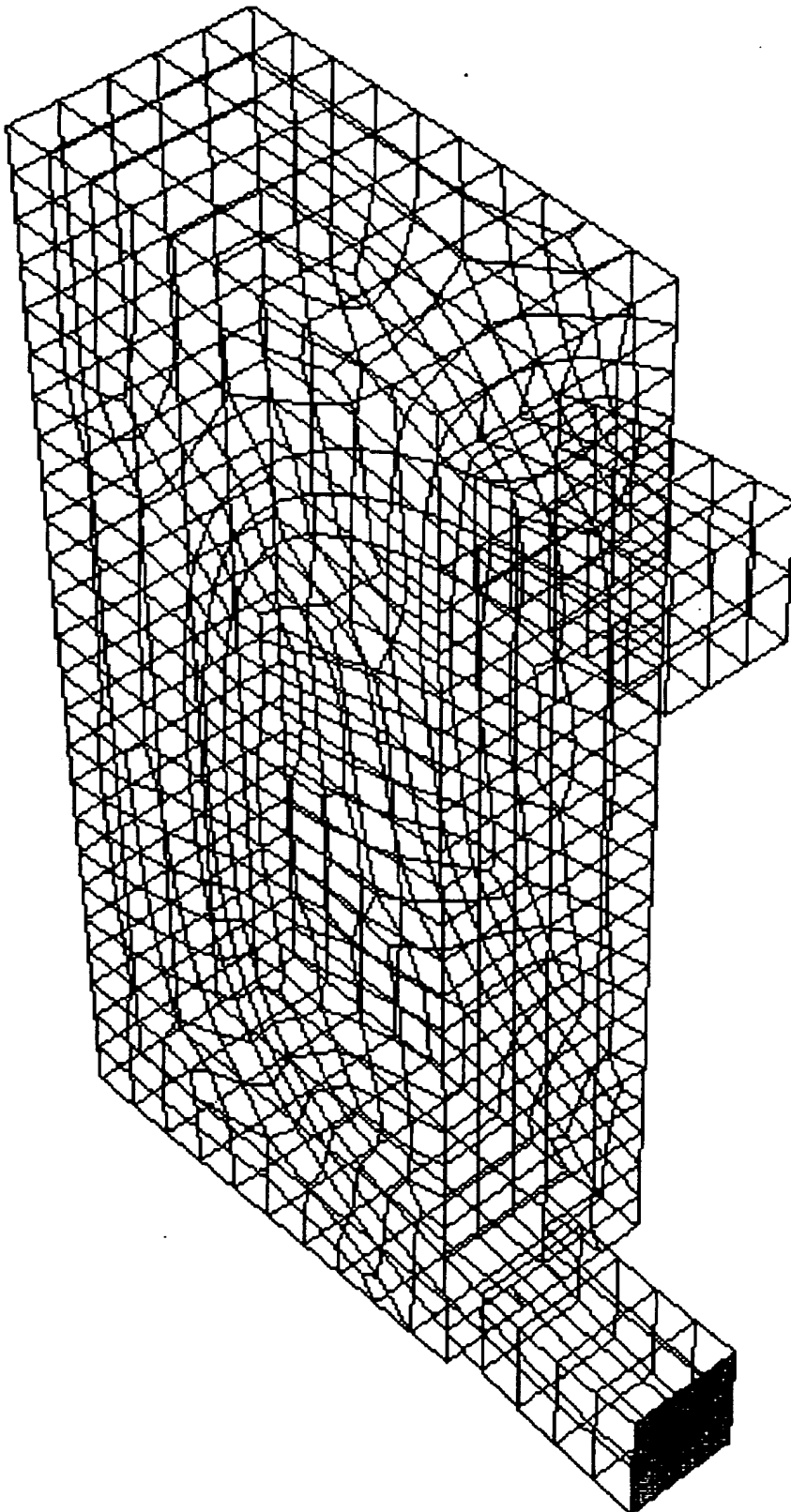
【図 16】



【図 17】



【図 1 8】



【図 1 9】

116

**熱一流体解析の変数設定**

熱伝導率 (W/m-K)	<input type="text"/>
比熱 (J/kg-K)	<input type="text"/>
粘性係数 (kg/m-s)	<input type="text"/>
質量密度 (kg/m <sup>3</sup> )	<input type="text"/>
⋮	

【図 2 0】

126

**熱一流体解析の境界条件設定**

熱流束 (W/m <sup>2</sup> )	<input type="text"/>
熱伝達率 (W/m <sup>2</sup> -K)	<input type="text"/>
圧力 (pascal)	<input type="text"/>
減速 (m/s)	<input type="text"/>
⋮	

【図 2 1】

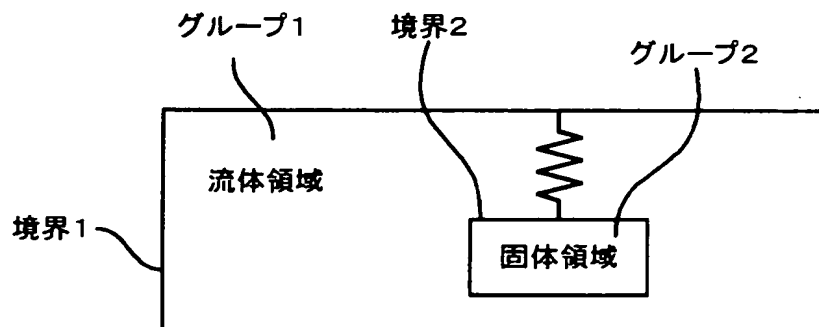
	熱伝導	流体	構造解析	静電磁場	電磁波	...
グループ1	○	○				
グループ2	○	◎				
グループ3	○					
グループ4	○					

移動要素グループ

	熱伝導	流体	構造解析	静電磁場	電磁波	...
境界1	○	○				
境界2	○	○				
境界3	○	◎				
境界4	○					

移動境界

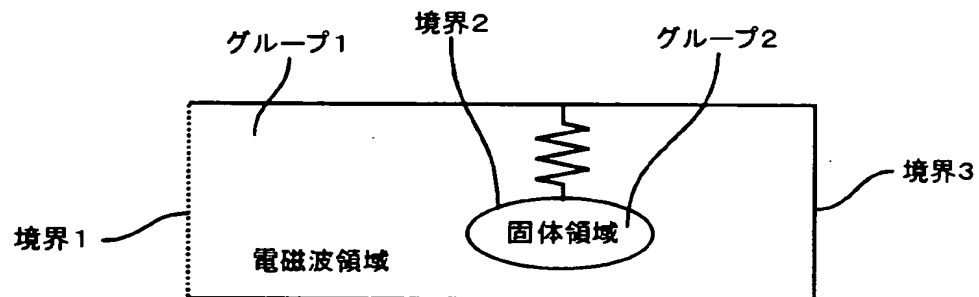
【図 2 2】



【図 23】

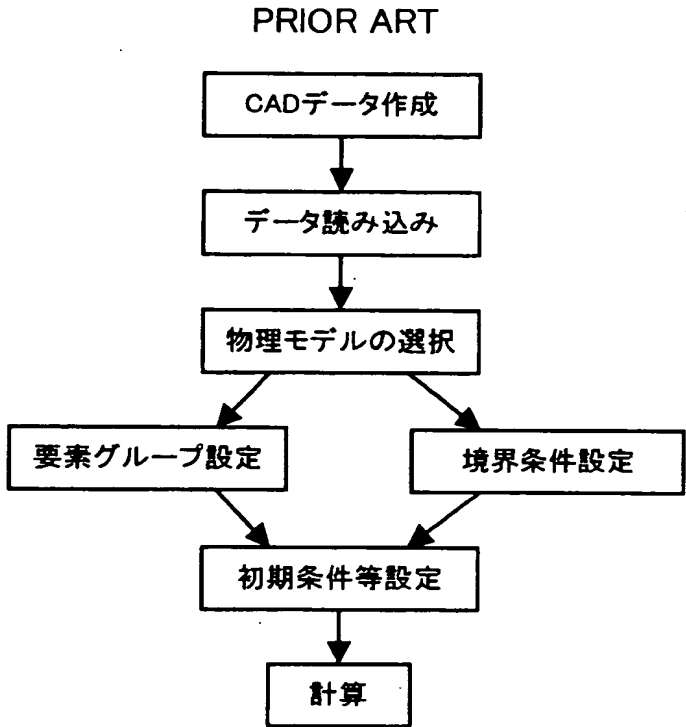
物理モデル	流体	熱	構造	電磁波	その他
グループ1	◎				
グループ2			○		
⋮					
⋮					
境界1	○				
境界2	◎		◎		

【図 24】



物理モデル	流体	熱	構造	電磁波	その他
グループ1				○	
グループ2		○	○	○	
⋮					
境界1				○	
境界2		◎	◎	◎	
境界3				○	
⋮					

【図 2 5】

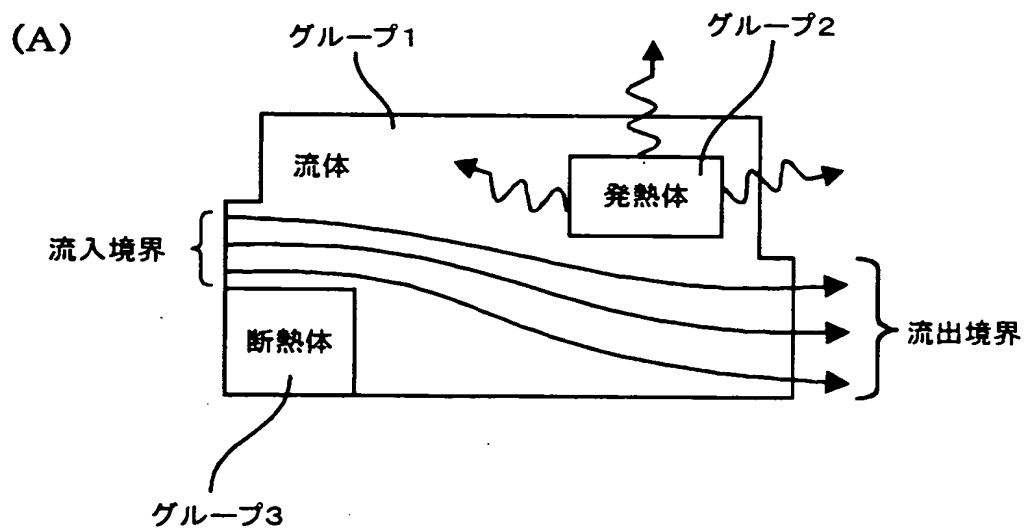


【図 2 6】

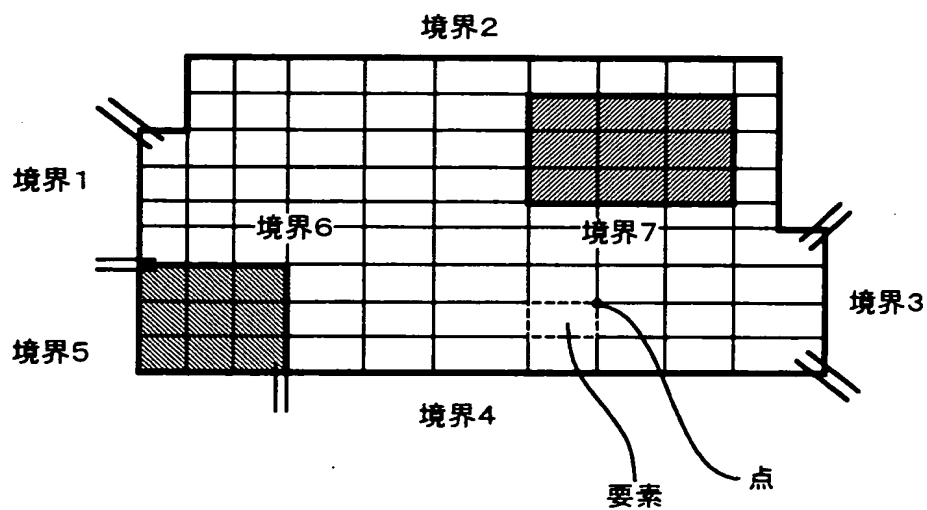
グループ名
グループ1
グループ2
グループ3
グループ4
グループ5
:
物理モデル
<input type="text"/>

境界名
境界1
境界2
境界3
境界4
境界5
:
物理モデル
<input type="text"/>

【図 27】



(B)





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対象モデルを複数種類の物理シミュレーションモデルで解析する連成解析の解析条件設定方法に関し、対象モデルのグループと境界の解析条件の設定を容易にする。

【解決手段】 対象モデルを構成する要素グループの物理モデルを設定するステップと、前記設定された要素グループに対応する前記対象モデルの境界を検索するステップと、前記対象モデルの境界の解析条件設定画面で、検索された境界に、前記要素グループの物理モデルを反映するステップと、前記反映された境界の解析条件設定画面で、前記境界の解析条件を設定するステップとを有する。あるグループとそのグループの境界は共通の物理モデルの性質を有するという原理を用いて、グループと境界の相関を境界条件設定画面に反映するようにし、グループの物理モデルを設定すると、自動的にそのグループに対応する境界を検索し、境界条件設定画面にその境界の解析条件を設定するようにした。これにより、連成解析の解析条件設定において、対象モデルの要素グループと境界の対応付けが自動的に行われ、解析条件の設定が容易且つ正確に実行できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-377072
受付番号	50001599527
書類名	特許願
担当官	濱谷 よし子 1614
作成日	平成 13 年 1 月 16 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005223
【住所又は居所】	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
【氏名又は名称】	富士通株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100094514
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-9-5 第三東 昇ビル 3 階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	林 恒徳

【代理人】

【識別番号】	100094525
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-9-5 第三東 昇ビル 3 階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	土井 健二

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社